

明細書

垂直磁気記録媒体とそれを備えた磁気記録装置及び垂直磁気記録媒体の製造方法並びに製造装置

技術分野

本発明は、垂直磁気記録媒体とそれを備えた磁気記録装置及び垂直磁気記録媒体の製造方法並びに製造装置に係り、特に詳しくは、ハードディスク、磁気テープ等の磁気記録媒体に好適に用いられ、飽和磁化が大きく、低ノイズ化が図れ、垂直磁気記録媒体の高密度化に対応可能であり、しかも、低温プロセスに対応可能な垂直磁気記録媒体とそれを備えた磁気記録装置及び垂直磁気記録媒体の製造方法並びに製造装置に関するものである。

背景技術

従来のハードディスク装置（HDD）等の磁気記録装置に搭載されている磁気記録媒体においては、磁気記録層の面内方向に磁化方向を固定し、この磁化を反転させることによりデータを記録する長手記録方式（longitudinal recording）が使用されている。この方式では、単位面積あたりの記録密度を高めるために、主に磁化反転方向の長さの短縮化、いわゆる線記録密度を高めることが可能な磁気記録媒体の開発が進められてきた。

ところで、この長手記録方式の磁気記録媒体においては、線記録密度を高めるには磁化反転長さの短縮化が有効であることが知られており、そこで、この線記録密度の高密度化に対応するために、磁気記録層である強磁性体層の保磁力を高めるとともに、該強磁性体層の残留磁束密度と厚さを小さくすることが求められている。

2

しかしながら、線記録密度を高めるために強磁性体層の膜厚を薄くすると、該強磁性体層を構成する磁性結晶粒が小型化するので、その体積 V が減少する傾向にある。そして、磁性結晶粒の持つ異方性定数 K_u とその体積の積である $K_u \cdot V$ がある程度以下になると、熱の影響で磁性結晶粒の磁化方向が不安定になるという熱磁気緩和現象、いわゆる熱擾乱の問題が生じるおそれがある。

この熱磁気緩和現象は、磁性結晶粒の体積 V が小さくなるほど顕在化するので、磁気記録の熱的安定性を保つためには、 K_u の大きな磁性材料が必要となる。

この長手記録方式の磁気記録媒体では、面記録密度を高めるために強磁性体層の保磁力を高めることで対応してきたが、保磁力が高すぎるためにリングヘッドではデータの書き込みができなくなるおそれが生じる等、保磁力の向上による弊害が見えてきた。これに対応、単磁極ヘッドと呼ばれる棒磁石形状の記録ヘッドを用い、媒体の面内に対して垂直方向に磁化を反転させてデータを記録する垂直記録方式 (perpendicular recording) では、保磁力の高い媒体にも記録することができるため、長手記録方式と同等あるいはそれ以上の面記録密度が得られることから、様々な開発・研究が行われている。

この垂直記録方式は、強磁性体層の結晶粒を小さくしても、適当な厚さを維持することにより厚さ方向で結晶粒の体積 V を維持することができることから、磁性結晶粒の磁化方向は熱的な安定性を保持し易くなるという特徴があるために、従来の長手記録方式で懸念される熱擾乱の問題を回避することのできる技術として注目されている。

このような垂直記録方式に適用される垂直磁気記録媒体としては、基体と垂直記録層との間に、更に面内方向に磁化し易い軟磁性膜を設けた2層膜媒

体が提案されている（参考文献：S. Iwasaki, Y. Nakamura and K. Ouchi : IEEE Trans. Magn. MAG-15 (1979) 1456）。

この軟磁性膜は、NiFe合金に代表されるパーマロイ系あるいはFeSiAl合金であるセンダスト系等の結晶質材料やCoZrNb等の非晶質材料が好適に用いられ、垂直記録層である強磁性体層の10倍以上の膜厚を有している。

この2層膜媒体は、垂直記録層のみからなる単層媒体に比べて、より大きな保磁力の垂直記録層に書き込むことができ、再生電圧の増加も図れるという特徴がある。さらに、軟磁性膜により、磁気ヘッドの主磁極から発生する磁束を主磁極先端の空間内で高密度に収束し、主磁極付近の磁界の増加をもたらすことができるという特徴もある（参考文献：岩崎俊一、田辺信二：電子通信学会論文誌、C 740 (1983)）。

しかしながら、この2層膜媒体においては、例えば、パーマロイ系の結晶質材料においては、局所的な磁化の分散(スキュー)の指標である構造因子Sが著しく小さい結果、軟磁性膜中に多数の180度磁壁構造が形成されるため、この磁壁からの漏れ磁束に伴うスパイクノイズが多発するという問題点があった。

また、このパーマロイ系の結晶質材料はスパッタ装置を用いて成膜されるのが通例であるが、この製造プロセスでは、結晶粒の島状初期成長モードに起因して薄膜表面に凹凸が形成されてしまうため、この凹凸部に起因する磁極からの漏れ磁束により周期的ノイズが発生するという問題点があった。

このように、上述した2層膜媒体においては、垂直記録層である強磁性体層の10倍以上の膜厚を有する軟磁性膜に起因するノイズが大きな問題点

となっていた。また、この軟磁性膜をより薄厚化するために、飽和磁化がより高い材料の開発が望まれていた。

そこで、最近では、低ノイズの軟磁性膜として、成膜後の非晶質膜に熱処理を施し、内部に微細な結晶粒を析出させた微結晶析出型の軟磁性材料が提案されている（参考文献：Atsushi Kikukawa, Yukio Honda, Yosiyuki Hirayama, and Masaaki Futamoto:IEEE Trans. Magn., Vol 36, NO.3, SEP(2000) 2402）。

また、本発明者等は、微結晶析出型材料である FeTaN が高飽和磁化を有する低ノイズ裏打ち層材料として有望であることを明らかにしている（特願 2001-288835）。

ところで、上述した微結晶析出型の軟磁性材料は、従来の 2 層膜媒体よりはノイズが小さいものではあるが、成膜後の非晶質膜に 350℃ 以上の高温の熱処理を施すことで内部に微細な結晶粒を析出させたものであるから、ディスク内全面にわたって、析出結晶粒の粒径を高精度で制御することが難しいという問題点があった。

また、成膜工程の後に析出組織形成のための高温加熱工程と冷却工程を設けなければならない、工程が増加する分、製品歩留まりが低下し、製造コストを押し上げる一因となることが危惧されている。

本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであって、パーマロイ系あるいはセンダスト系の結晶質材料等と比較して低ノイズ特性を有し、かつ、平坦性の高い軟磁性裏打ち層を備え、高記録密度の情報の記録再生が可能な垂直磁気記録媒体を提供することを目的の一つとする。

また、本発明は、上記の優れた低ノイズ特性を有する垂直磁気記録媒体を備えた磁気記録装置を提供することを目的の一つとする。

また、本発明は、上記の優れた低ノイズ特性を有する垂直磁気記録媒体を効率良く製造することが可能な垂直磁気記録媒体の製造方法を提供することを目的の一つとする。

また、本発明は、上記の優れた低ノイズ特性を有する垂直磁気記録媒体を効率良く製造することが可能な垂直磁気記録媒体の製造装置を提供することを目的の一つとする。

発明の開示

上記課題を解決するために、本発明は次のような垂直磁気記録媒体とそれを備えた磁気記録装置及び垂直磁気記録媒体の製造方法並びに製造装置を採用した。

本発明の垂直磁気記録媒体は、軟磁性裏打ち層と、該軟磁性裏打ち層上に形成された垂直記録層とを備え、前記軟磁性裏打ち層は、FeSiAlNなる組成を有する軟磁性材料からなることを特徴とする。

この垂直磁気記録媒体では、軟磁性裏打ち層と垂直記録層とを備えた2層膜媒体の軟磁性裏打ち層に、FeSiAlNなる組成を有する軟磁性材料を用いることで、従来のパーマロイ系あるいはセンダスト系の結晶質材料等と比較して低ノイズ化を実現することができ、高記録密度の情報の記録再生が可能になる。

本発明の垂直磁気記録媒体においては、前記軟磁性材料が、Nを5～11原子%含有することが好ましい。

さらに、前記軟磁性材料が、Feを69～85原子%、Siを5～10原子%、Alを5～10原子%それぞれ含有することが好ましい。

本発明の垂直磁気記録媒体においては、上記の様な組成を有する F e S i A l N を軟磁性材料として用いることで、n m のオーダーの微細な F e 基結晶粒と窒化珪素、窒化アルミニウム結晶粒とからなる均一な微結晶組織の軟磁性裏打ち層となり、優れた低ノイズ特性が実現され、より高記録密度の情報の記録再生が可能になる。

また、本発明の垂直磁気記録媒体においては、前記軟磁性裏打ち層の結晶の平均粒径が 7 n m 以下であることを特徴とする。

また、前記軟磁性裏打ち層は、その磁気特性のヒステリシス曲線より得られる縞状磁区安定化エネルギーが $1 \times 10^3 \text{ erg/cm}^3$ 以下であることを特徴とする。

また、前記軟磁性裏打ち層は、その膜厚が 5.0 ~ 500 n m の範囲では、表面粗さが 0.6 n m 以下であることを特徴とする。

本発明の磁気記録装置は、本発明の垂直磁気記録媒体を備えてなることを特徴とする。

この磁気記録装置においては、優れた低ノイズ特性を有する垂直磁気記録媒体を備えることにより、より高記録密度の情報の記録再生が可能な磁気記録装置を提供することが可能になる。

本発明の垂直磁気記録媒体の製造方法は、軟磁性裏打ち層と、該軟磁性裏打ち層上に形成された垂直記録層とを備えてなる垂直磁気記録媒体の製造方法において、前記軟磁性裏打ち層を形成する工程は、表面温度を 200℃ 以下とした基体上に、少なくとも F e 、 S i 及び A l を含有する母材と、窒素 (N₂) ガスを含む不活性ガスを用いて成膜する工程であることを特徴とする。

この垂直磁気記録媒体の製造方法においては、前記軟磁性裏打ち層を形成する工程を、表面温度を200℃以下とした基体上に、少なくともFe、Si及びAlを含有する母材と、窒素(N₂)ガスを含む不活性ガスを用いて成膜する工程としたことにより、基体上に、nmのオーダーの微細な結晶粒からなる均一な結晶組織の軟磁性裏打ち層が成膜され、成膜後に熱処理を施す必要が無い。これにより、優れた低ノイズ特性を有する垂直磁気記録媒体が得られる。

本発明の垂直磁気記録媒体の製造装置は、軟磁性裏打ち層と、該軟磁性裏打ち層上に形成された垂直記録層とを備えてなる垂直磁気記録媒体の製造装置において、少なくともFe、Si及びAlを含有する母材と、窒素(N₂)ガスを含む不活性ガスを導入し、表面温度を200℃以下とした基体上に前記軟磁性裏打ち層を成膜する成膜室を備えていることを特徴とする。

この垂直磁気記録媒体の製造装置では、少なくともFe、Si及びAlを含有する母材と、窒素(N₂)ガスを含む不活性ガスを導入し、表面温度を200℃以下とした基体上に前記軟磁性裏打ち層を成膜する成膜室を備えていることにより、該成膜室に導入する窒素(N₂)ガスを含む不活性ガスの流量を制御することで、軟磁性裏打ち層を構成するFeSiAlN中のNの含有率(原子%)が、優れた低ノイズ特性を呈する材料組成の範囲内で、しかも高精度で制御される。

これにより、優れた低ノイズ特性を有するFeSiAlNからなる軟磁性裏打ち層を再現性良く、しかも容易に得ることができる。

図面の簡単な説明

第1図 本発明の一実施形態の垂直磁気記録媒体を示す断面図である。

第2図 FeSiAl合金の組成と透磁率との関係を示す立体図である。

第3図 FeSiAl合金の三次元状態図である。

第4図 本発明の一実施形態のスパッタ装置を示す断面図である。

第5図 本発明の一実施形態のスパッタ装置の第1成膜室を示す断面図である。

第6図 本発明の実施例1の磁化曲線の測定結果を示す図である。

第7図 本発明の実施例2の磁化曲線の測定結果を示す図である。

第8図 本発明の実施例3の磁化曲線の測定結果を示す図である。

第9図 比較例の磁化曲線の測定結果を示す図である。

第10図 軟磁性裏打ち層の磁化曲線から安定化エネルギーを求める方法を示す説明図である。

第11図 媒体ノイズの測定に用いられる書き込み、読み出し一体型の薄膜ヘッドを示す断面図である。

第12図 本発明の実施例3の試料のノイズの測定結果を示す図である。

第13図 比較例の試料のノイズの測定結果を示す図である。

第14図 本発明の一実施形態の磁気記録装置を示す断面構成図である。

第15図 本発明の一実施形態の磁気記録装置を示す平面図である。

(符号の説明)

1 垂直磁気記録媒体

2 基体

3 軟磁性裏打ち層

4 垂直記録層

5 保護層

11 スパッタ装置 (製造装置)

- 1 3 第 1 成膜室
- 1 5 第 2 成膜室
- 2 1 チャンバー（成膜室）
- 2 5 混合ガス導入装置
- 5 0 磁気ヘッド
- 7 0 ハードディスク装置（磁気記録装置）
- 7 2 垂直磁気記録媒体

発明を実施するための最良の形態

本発明の垂直磁気記録媒体とそれを備えた磁気記録装置及び垂直磁気記録媒体の製造方法並びに製造装置の一実施形態について図面に基づき説明する。

なお、これらの実施形態は、発明の趣旨をより良く理解させるために典型的に説明するものであり、特に指定のない限り、本発明を限定するものではない。

第 1 図は、本発明の一実施形態の垂直磁気記録媒体を示す断面図であり、コンピュータのハードディスクに適用した例である。

この垂直磁気記録媒体 1 は、基体 2 上に、軟磁性裏打ち層 3 と、強磁性体からなる垂直記録層 4 と、保護層 5 とを積層した構成である。

基体 2 は、円板状の非磁性体からなる基板 2 a 上に、該基板 2 a と異なる材質の非磁性体からなる被覆層 2 b が形成されている。

基板 2 a は、例えば、アルミニウム、チタンまたはその合金、シリコン、ガラス、カーボン、セラミックス、プラスチック、樹脂、またはこれらの複合体により構成されている。

被覆層 2 b は、高温で磁化せず、導電性を有し、熱伝導性が良く、機械加工などがし易く、しかも適度な表面硬度を有する非磁性材料により構成されている。

このような条件を満たす非磁性材料としては、NiP、NiTa、NiAl、NiTi等があり、これらの非磁性材料は、スパッタ法、蒸着法、メッキ法等により形成することができる。

一般に、垂直磁気記録媒体の場合、磁気ヘッドが該垂直磁気記録媒体に書き込まれた信号を良好に読みとるためには、磁気ヘッドと該垂直磁気記録媒体の空隙は小さい方が望ましい。特に、磁気ヘッドが垂直磁気記録媒体上に浮上しながら記録再生する場合には、その浮上量は出来るだけ小さい方が望ましい。さらに、磁気ヘッドを浮上させずに垂直磁気記録媒体の表面に接触させて記録再生することができればより望ましい。したがって、垂直磁気記録媒体用の基体としては、優れた表面平滑性を有するものが望ましく、さらには、基体の表裏両面の平行性、基体の円周方向のうねり、および表面の粗さが適切に制御されたものが望ましい。

以上の観点より、好ましい基体 2 としては、例えば、ガラス基板、シリコン基板、アルミニウム基板等の表面平滑性に優れた基板 2 a 上に、NiP 層、NiTa 層、NiAl 層、あるいは NiTi 層等からなる被覆層 2 b を形成したものが好適である。中でも、ガラス基板は基体の薄型化に対応できる剛性も兼ね備えていることからより好ましい。

この基体 2 においては、記録再生時に垂直磁気記録媒体 1 と磁気ヘッドの表面同士が接触および摺動する際の摩擦や摩耗を改善する目的から、その表層部に凹凸付与を目的としたバッファ層を形成した構成としても構わない。

また、この基体 2 においては、その上に堆積される垂直記録層 4 等をなす結晶粒子の初期成長段階において、結晶成長を促す核として機能する層として、二次元的な平坦層ではなく、局所的に点在した島状のシード層を備えた構成としてもよい。このようなシード層は、その上に形成される堆積層を構成する結晶粒の微細化や、その粒径の分散の度合いの狭小化等が実現可能である（特願平 1 1 - 1 5 0 4 2 4 号参照）。

さらに、基体 2 が回転／停止する際に、垂直磁気記録媒体 1 と磁気ヘッドの表面同士が接触および摺動する（C S S : Contact Start Stop）ことへの対策として、従来の面内磁気記録媒体用の基体と同様に、基体 2 の表面に概ね同心円状の軽微なキズ（テクスチャ）を設けても構わない。

軟磁性裏打ち層 3 は、膜厚が 5 0 ~ 5 0 0 n m のもので、F e S i A l N なる組成を有する軟磁性材料により構成されている。この軟磁性裏打ち層 3 では、F e S i A l N 膜を用いることで、従来のパーマロイ系やセンダスト等の結晶質裏打ち層材料と比較して飽和磁化が高まり、かつ微結晶析出型裏打ち層材料である F e T a C や F e T a N と同程度の低ノイズ特性を有するものとなる。このように、上記構成の軟磁性裏打ち層 3 を備えることで、優れた信頼性を有し、かつ、高記録密度の情報の記録再生が可能な垂直磁気記録媒体を容易に構成することができる。

この F e S i A l N 膜は、F e を 6 9 ~ 8 5 原子%、S i を 5 ~ 1 0 原子%、A l を 5 ~ 1 0 原子%、N を 5 ~ 1 1 原子%それぞれ含有している。

この F e S i A l N 膜は、上記の組成の範囲では、n m のオーダーの微細な結晶粒からなる均一な微結晶組織であり、その結晶の平均粒径は 7 n m 以下である。

12

また、この軟磁性裏打ち層 3 の表面粗さ (R_a) は、0.6 nm 以下である。

この軟磁性裏打ち層 3 では、FeSiAlN 膜を上記のような組成とすることで、nm のオーダーの微細な結晶粒からなる均一な微結晶組織とすることができ、したがって、平坦性に優れた低ノイズ特性を有する裏打ち層を実現することができ、より高記録密度の情報の記録再生が可能になる。

この FeSiAlN 膜は、スパッタリングに用いられるセンドスト 2 nd ピーク組成近傍と称される FeSiAl 合金からなるターゲット (母材) の組成と、チャンバー内に導入される窒素 (N_2) ガスとアルゴン (Ar) ガスを含む混合ガス (不活性ガス) 中の窒素 (N_2) ガスの流量比とを変えることで、上記の範囲内で Fe、Si、Al、N それぞれの原子% を変えることが可能である。

第 2 図は、FeSiAl 合金の組成と透磁率との関係を示す立体図、第 3 図は FeSiAl 合金の三次元状態図であり、センドストを示す第 1 のピーク (P1) では、透磁率 (μ_m) は高いが、飽和磁化 (M_s) (図示せず) は低くなる。一方、第 2 のピーク (P2) では、透磁率 (μ_m) はやや低くなるものの、飽和磁化 (M_s) は逆に高くなる。

したがって、第 2 のピーク (P2) 近傍の組成を選択すれば、センドスト (P1) よりも飽和磁化 (M_s) が高い軟磁性材料を得ることが可能である。

そこで、ターゲット (母材) の組成を、第 2 のピーク (P2) 近傍の組成、例えば、Fe_{81.6}Si_{9.0}Al_{9.4} (原子%) とし、このターゲットを用いて上記の混合ガス中の窒素 (N_2) ガスの流量比を変えてスパッタを行うと、軟磁性の FeSiAlN 膜からなる軟磁性裏打ち層 3 が得られる。

13

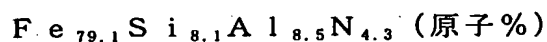
この混合ガス中の窒素 (N_2) ガスの流量比と、FeSiAlN膜の組成とは、一対一対応の関係にあるから、混合ガス中の窒素 (N_2) ガスの流量比を変えることにより、FeSiAlN膜の組成を測定誤差の範囲で一義的に決定することができる。

すなわち、上記の混合ガスの流量を F_{total} 、該混合ガス中の窒素 (N_2) ガスのみの流量を F_{N_2} とし、混合ガスの流量 F_{total} に対する窒素 (N_2) ガスの流量 F_{N_2} の比 F_{N_2}/F_{total} を変化させれば、FeSiAlN膜の組成が一義的に決定される。

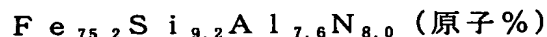
例えば、 $F_{N_2}/F_{total} = 0\%$ の場合、



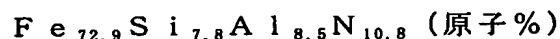
$F_{N_2}/F_{total} = 5\%$ の場合、



$F_{N_2}/F_{total} = 10\%$ の場合、



$F_{N_2}/F_{total} = 15\%$ の場合、



等である。

この軟磁性裏打ち層 3 では、磁気特性のヒステリシス曲線から縞状磁区安定化エネルギー (E) を求めることができる。

縞状磁区安定化エネルギー (E) の求め方は後述するが、上記の FeSiAlN膜を用いた場合、縞状磁区安定化エネルギー (E) は $1 \times 10^3 \text{ erg/cm}^3$ 以下とすることができる。

例えば、 $F_{N_2}/F_{total} = 15\%$ に対応する FeSiAlN膜合金の場合、縞状磁区安定化エネルギー (E) は $2 \times 10^2 \text{ erg/cm}^3$ である。

この軟磁性裏打ち層 3 は、既に述べたように、nm のオーダーの微細な結晶粒からなる均一な微結晶組織を有する軟磁性の FeSiAlN 膜により構成したものであるから、透磁率 (μ m)、飽和磁化 (Ms) 共に高く、優れた軟磁気特性を有することとなる。

また、このような微結晶組織とすることで、膜厚を増加させても表面の平坦性を維持することができる。例えば、膜厚が 50 ~ 500 nm の範囲において表面粗さが 0.6 nm 以下の平坦性を実現することができる。

したがって、このような優れた平坦性を備えた軟磁性裏打ち層 3 により、表面の凹凸に起因する磁極からの漏れ磁束を低減することができ、その結果、優れた低ノイズ特性を実現することができる。

この軟磁性裏打ち層 3 は、その膜厚が厚すぎると、該軟磁性裏打ち層 3 に起因するノイズの増加を招くばかりでなく、成膜時間が長くなることによる製造効率の低下、製造コストの上昇等の原因となるため、可能な限り膜厚を薄くすることが好ましい。このように、軟磁性裏打ち層 3 の膜厚を薄くすることで、優れた低ノイズ特性を有する垂直磁気記録媒体を実現することができる。

また、この軟磁性裏打ち層 3 に用いられる FeSiAlN 膜は、1.3 T 以上の高飽和磁化を有する材料であるから、従来の NiFe 系結晶質材料や、CoZr 系アモルファス材料等の軟磁性材料に比べて膜厚を薄くすることができ、優れた低ノイズ特性を得ることができる。

この軟磁性裏打ち層 3 では、その膜厚を薄くするほど上記の効果が得やすくなるが、薄すぎると磁気ヘッドの主磁極付近の磁束を収斂させることが難しくなるため、2 層膜媒体の特徴である垂直記録層 4 の高保磁力化を制限してしまうことになる。そこで、軟磁性裏打ち層 3 の飽和磁化 (Ms) 及び組

み合わされる磁気ヘッドの書き込み時の起磁力特性を勘案して、その膜厚を最適な膜厚に設定することになる。

また、この軟磁性裏打ち層 3 と基体 2 との間に、1 または 2 以上の下地層を形成することとしても良い。このような下地層により、軟磁性裏打ち層 3 の磁区構造の制御を行うことができる。この下地層としては、特に限定されるものではないが、例えば、Cr、Ti、CrTi、NiP 等の材料を用いることができ、これらの材料からなる下地層を用いれば、軟磁性裏打ち膜の膜剥離を防止することができるのみならず、軟磁性裏打ち層 3 中にほぼ一定の幅毎に垂直方向の磁化が発現する磁区構造（縞状磁区構造）が形成されるのを抑制することができる。

垂直記録層 4 は、磁化容易軸が膜面に略垂直方向に配向した強磁性材料であればよく、特に組成を限定するものではないが、例えば、Co と Cr を主たる成分とし、磁化容易軸が膜面に略垂直方向に配向した六方稠密構造（hcp : hexagonal closest packed structure）を有する CoCr 系強磁性材料が好適に用いられる。この CoCr 系強磁性材料は、必要に応じて他の元素を添加したものであっても良い。

CoCr 系強磁性材料の具体例としては、CoCr (Cr < 25 at %)、CoCrNi、CoCrTa、CoCrPt、CoCrPtTa、CoCrPtB 等の CoCr 系合金が挙げられる。

また、この垂直記録層 4 の結晶粒の粒径制御や粒間の偏析制御、結晶粒の結晶磁気異方性定数 K_u grain の制御、耐食性の制御、低温プロセスへの対応等を目的として、O、SiO_x、Fe、Mo、V、Si、B、Ir、W、Hf、Nb、Ru、希土類元素等を適宜添加してもよい。

また、上記のC o C r系合金以外の強磁性材料、例えば、C o P t、C o P d、F e P t等の熱擾乱耐性に優れた材料や、それらを微細化するためにB、N、O、S i O_x、Z r等を添加した材料を用いてもよい。

さらに、C o層とP t層を多数積層した多層構造の垂直記録層も適用可能である。このような多層構造の垂直記録層としては、C o層とP d層、あるいはF e層とP d層等を組み合わせた多層構造の垂直記録層、またはこれらの各層にB、N、O、Z r、S i O_x等を添加したものも適用可能である。

また、この垂直記録層4と軟磁性裏打ち層3との間に下地層を設けても良い。この下地層としては、その上に形成される垂直記録層4を垂直磁化膜化させ得る材料であれば、いかなる材料であっても構わない。また、下地層の構成は、単層構造の他、2層またはそれ以上の多層構造であってもよい。

この下地層は、垂直記録層4がC o C r系強磁性材料であれば、T i、T a、~~Fe~~、C u、P t、R h、A g、A u等の単元素からなる金属材料や、これらにC rなどを加えた合金材料等からなる層を含む構成としてもよい。

特に、垂直記録層4がC o P t、C o P d、F e P t等の熱擾乱耐性に優れた層構造、あるいは当該層を含む多層構造である場合には、C、S i、S i N、S i O、P d S i N、A l S i N等からなる、垂直記録層4の物理的・化学的な磁氣的孤立化を促進する層を含んだ構成としてもよい。

このように、これらの材料を下地層として用いれば、保磁力等を向上させることができる。さらに、これらの材料にその結晶性を損なわない程度にN、Z r、C、B等から選ばれる1種以上の元素を添加すれば、下地層の結晶粒の微細化が促進され、媒体の記録再生特性が向上する。

保護層5は、垂直記録層4の表面を保護するためのもので、保護膜として必要な機械的強度、耐熱性、耐酸化性、耐腐食性等を備えたものであればよ

く、特に材料組成を限定するものではないが、例えば、カーボンが好適に用いられる。

次に、本実施形態の垂直磁気記録媒体の製造方法及び製造装置について説明する。

本実施形態の垂直磁気記録媒体 1 を製造する方法としては、スパッタ法が好適に用いられる。このスパッタ法としては、例えば、基体をターゲットのスパッタ面に対して対向配置し、かつ、この基体を該スパッタ面に平行な一方向に沿って移動させながら該基体の表面に薄膜を形成する搬送型スパッタ法、基体をターゲットのスパッタ面に対して対向配置した状態で、該基体の表面に薄膜を形成する静止型スパッタ法、等を挙げることができる。

上記の搬送型スパッタ法は、量産性に優れているため、低コストの磁気記録媒体を製造するのに有利である。一方、静止型スパッタ法は、スパッタ粒子の基体の表面に対する入射角度が安定しているために、得られた薄膜は記録再生特性に優れている。

本実施形態の垂直磁気記録媒体 1 を製造する際には、搬送型、静止型のいずれかに限定されるものではなく、必要に応じて適宜選択使用すればよい。

ここで、本実施形態の垂直磁気記録媒体 1 を製造するに際して、本実施形態の垂直磁気記録媒体の製造装置について第 4 図に基づき説明する。

第 4 図は、本実施形態の垂直磁気記録媒体を製造する際に用いられる静止型スパッタ法が適用されたスパッタ装置（製造装置）を示す断面図であり、このスパッタ装置 11 は、基体の出し入れを行うためのロード・アンロードチャンバー（LC/U LC）12 と、基体 2 上に軟磁性裏打ち層 3 を成膜するための第 1 成膜室 13 と、マグネット M が備えられて軟磁性裏打ち層 3 の熱処理工程中に磁界を印加して磁化の異方性を制御する異方性制御室 14

と、軟磁性裏打ち層 3 上に垂直記録層 4 を成膜するための第 2 成膜室 1 5 とにより構成されている。

これら LC/ULC 1 2 ～第 2 成膜室 1 5 は、基体の移動方向に沿って配列され、LC/ULC 1 2 ～第 2 成膜室 1 5 各々には、内部に導入された基体を搬送するための搬送手段（図示略）が設けられ、図示右方向へ基体 2 を移動するようになっている。そして、LC/ULC 1 2 ～第 2 成膜室 1 5 各々には、その内部空間を排気するための排気手段（図示略）が設けられている。

第 5 図は、本実施形態のスパッタ装置 1 1 の第 1 成膜室 1 3 を示す断面図であり、図において、符号 2 1 はチャンバー（成膜室）、2 2 はチャンバー 2 1 の底部近傍に設けられカソード（陰極）となるステージ、2 3 はチャンバー 2 1 の上部近傍に設けられて前記ステージ 2 2 に対して対向配置されアノード（陽極）となる基体ホルダー、2 4 は真空装置（図示略）等に接続されて前記チャンバー 2 1 内を所定の真空状態とするための真空引き用の配管、2 5 は窒素（N₂）ガスとアルゴン（Ar）ガスとの混合ガス（不活性ガス）を前記チャンバー 2 1 内に導入するための混合ガス導入装置、2 6 は排気ガス制御用の配管である。

このステージ 2 2 には、軟磁性裏打ち層 3 を成膜する際に用いられる、例えば、Fe_{83.8}Si_{8.2}Al_{8.5}（原子%）なる組成のターゲット 2 7 が装着されている。また、基体ホルダー 2 3 には、前記ターゲット 2 7 と対向するように装着される基体 2 を所定の温度、例えば、室温（25℃）～200℃の範囲の温度に保持するための温度制御手段（図示略）が内蔵されている。

混合ガス導入装置 2 5 は、Ar ガス供給源（図示略）に配管 3 1 を介して接続され Ar ガスの流量を制御するマスフローコントローラ等を内蔵する

A r ガス流量制御部 3 2 と、N₂ ガス供給源（図示略）に配管 3 1 を介して接続され N₂ ガスの流量を制御するマスフローコントローラ等を内蔵する N₂ ガス流量制御部 3 3 と、A r ガス流量制御部 3 2 及び N₂ ガス流量制御部 3 3 に配管 3 1 を介して接続され流量が制御された A r ガス及び N₂ ガスを混合し該混合ガスを配管 3 1 を介してチャンバー 2 1 内に供給する混合ガス供給部 3 4 とにより構成されている。

この混合ガス導入装置 2 5 では、流量制御部 3 2、3 3 及び混合ガス供給部 3 4 を駆動させることにより、チャンバー 2 1 内に導入される N₂ ガスと A r ガスを含む混合ガス中の N₂ ガスの流量比を所望の流量比に変更することが可能になる。これにより、上記の軟磁性裏打ち層 3 の組成を上述した範囲内で F e、S i、A l、N それぞれの原子% を変えることが可能になる。

ここでは図示しないが、第 2 成膜室 1 5 の後段には、必要に応じて各種の処理室、例えば、垂直磁気記録媒体の保護膜 5 を成膜するための第 3 成膜室が設けられている。また、L C / U L C 1 2 ~ 第 2 成膜室 1 5 各々の間には、隣接する処理室内を遮断するための遮断弁が設けられている。

次に、このスパッタ装置 1 1 を用いて本実施形態の垂直磁気記録媒体を製造する方法について説明する。

ここでは、予め、第 1 成膜室 1 3 内のステージ 2 2 に軟磁性裏打ち層 3 成膜用の F e_{83.8} S i_{8.2} A l_{8.5} (原子%) なる組成のターゲット 2 7 を装着し、第 2 成膜室 1 5 内のステージに垂直記録層 4 成膜用の強磁性材料（例えば C o 合金）のターゲットを装着し、第 3 成膜室内のステージに保護層 5 成膜用のターゲットを装着しておく。

まず、基体 2 を LC/ULC12 へ導入し、この LC/ULC12 内を所定の真空状態になるまで真空引きした後、基体 2 を搬送手段（図示略）により第 1 成膜室 13 内に移動させる。

第 1 成膜室 13 では、搬入された基体 2 を基体ホルダー 23 に装着し、基体 2 の表面温度が 200℃以下となるように温度制御しつつ、この第 1 成膜室 13 内を所定の真空状態になるまで真空引きし、その後、混合ガス導入装置 25 により N₂ ガスと Ar ガスを含む混合ガスをチャンバー 21 内に供給し、表面温度が 200℃以下とされた基体 2 上に軟磁性裏打ち層 3 を成膜する。

この軟磁性裏打ち層 3 を成膜する際には、Ar ガス流量制御部 32 及び N₂ ガス流量制御部 33 を個々に制御することにより、混合ガス中の N₂ ガスの流量比 F_{N_2}/F_{total} を変化させることができ、したがって、軟磁性裏打ち層 3 を形成する FeSiAlN 膜の組成を一義的に決定することができる。

例えば、 F_{N_2}/F_{total} を 5%～15% の範囲で変化させれば、FeSiAlN 膜の組成を、Fe_{79.1}Si_{8.1}Al_{8.5}N_{4.3}（原子%）から Fe_{72.9}Si_{7.8}Al_{8.5}N_{10.8}（原子%）まで変化させることができる。

この軟磁性裏打ち層 3 が成膜されたならば、基体 2 を異方性制御室 14 へ搬送し、この基体 2 上の軟磁性裏打ち層 3 をマグネット M に対向配置し、マグネット M により軟磁性裏打ち層 3 へ磁界を印加しながら加熱・冷却を行う。この工程により軟磁性裏打ち層 3 に基体 2 の径方向への磁化容易軸が誘導される。

次いで、磁化容易軸の誘導が終了した基体 2 を第 2 成膜室 15 へ搬送し、垂直記録層 4 の成膜を行う。

21

垂直記録層 4 を成膜したならば、基体 2 を第 2 成膜室 15 の後段に設けられた第 3 成膜室（図示略）へ搬送し、保護膜 5 を成膜する。

以上の工程が終了した基体 2 を、再度 LC/ULC 12 へ搬送し、この LC/ULC 12 から外方へ取り出す。

以上、第 4 図及び第 5 図に示す垂直磁気記録媒体の製造装置により、本実施形態の垂直磁気記録媒体 1 を製造することができる。

次に、本実施形態の垂直磁気記録媒体 1 について、実施例及び比較例を挙げてより詳細に説明する。

本例では、以下に示す構成を有する垂直磁気記録媒体を作製した。

第 4 図及び第 5 図に示す製造装置を用いて、円板状のガラス基板からなる基体 2 上に、 F_{N_2}/F_{total} を 5%、10%、15% と変化させた場合の軟磁性裏打ち層 3、垂直記録層 4、保護層 5 を順次積層してそれぞれの試料を作製し、これらを実施例 1～3 の試料とした。また、 $F_{N_2}/F_{total} = 0\%$ の場合についても試料を作製し、これを比較例とした。

作製条件は下記の通りである。

成膜方法：	直流マグネトロンスパッタ法
基体の材質：	結晶化ガラス
基体の表面粗さ R_a ：	$< 0.3 \text{ nm}$
成膜室の真空到達度：	$< 1 \times 10^{-7} \text{ torr}$
プロセスガス：	Ar ガス、N ₂ ガス
Ar ガス不純物濃度：	$< 1 \text{ ppm}$
全ガス流量：	60 sccm
全ガス圧：	0.7 Pa
N ₂ ガス流量比 (F_{N_2}/F_{total})：	0%、5%、10%、15%

22

成膜時の基体の表面温度： 室温
軟磁性裏打ち層の膜厚： 300 nm
磁界印加条件： 基体径方向 600 ~ 1000 Oe
冷却条件： 800 sec
保護層の材質： カーボン 7 nm

なお、FeSiAlN膜の組成分析は、オージェ電子分光分析装 (PHISICAL ELECTRONICS 社製, PHI-660) を用いて半定量分析法により行った。まず試料表層の炭素 (C) 保護膜を Ar イオンスパッタリングにより取り除き、続いて 0 ~ 2200 eV の範囲の分光プロファイルを測定した。測定条件は以下の通りである。

(1) 励起用電子銃

加速電圧： 10 kV
試料電流： 200 nA
分析領域： 80 × 74 μm

(2) Ar イオンスパッタリング用イオン銃

加速電圧： 1 kV
スパッタリング速度： 1.0 nm (SiO₂ 換算値)
スパッタリング膜厚： 30 nm (SiO₂ 換算値)

上記にて得られた実施例 1 ~ 3 及び比較例それぞれの試料について、磁気特性を評価した。測定機は、振動試料型磁力計 (VSM: 理研電子社製 BHV-35) を用いた。その測定結果を第 6 図 ~ 第 9 図に示す。これらの図においては、基体 2 の径方向の磁化曲線を示している。

23

第6図～第9図によれば、実施例1～3では、FeSiAlN膜中のNの含有率が増加するに伴い軟磁性裏打ち層3のH_cが減少し、良好な軟磁気特性が得られることが分かった。

一方、比較例では、印加磁界を500e以下とすると印加磁界方向の磁化が大きく減少しており、また、軟磁性裏打ち層3のH_cが増加していることから、膜中には縞状磁区構造が形成されていることが分かった。

以上により、N₂ガスの流量を変化させることで、FeSiAlN膜中のNの含有率を正確に制御することができ、極めて容易に軟磁性裏打ち層3の保磁力を制御することができ、良好な軟磁気特性を得られることが分かった。

基板温度を様々に変化させたところ、200℃より高い基板温度で作製したFeSiAlN膜では、保磁力が増大し良好な軟磁気特性が得られないことがわかった。

また、実施例1～3の表面粗さR_aは、それぞれ0.60、0.53、0.34であり、いずれの試料においてもR_aを0.6nm以下に抑制することができ、基体2の有する表面粗さをほとんど劣化させないことが分かった。

最近、2層膜媒体の軟磁性裏打ち層3の保磁力の大小が、垂直磁気記録媒体の浮遊磁界耐性の向上に大きく影響する可能性があることが分かり、軟磁性裏打ち層中に形成される磁壁の制御あるいは排除が重要な要件となっている。これに対する対策として、軟磁性裏打ち層の下に反強磁性層を設けた裏打ち層構成としたり、反強磁性層と軟磁性層を積層した裏打ち層構成とすることにより、裏打ち層全体を径方向容易軸単磁区化する試みが検討されている。一般に軟磁気特性に優れた保磁力が小さい磁性材料と反強磁性材料とを積層して作製される積層膜には、反強磁性－強磁性層間に交換結合が堅固に働くことが知られている。したがって、上述のような磁氣的層間結合を利

用した裏打ち層の単磁区化に際しても、保磁力を低減できる本実施形態の裏打ち層材料は非常に有効である。すなわち、本実施形態の裏打ち層材料は、浮遊磁界耐性に優れた垂直磁気記録媒体の設計を可能とし、また高密度の記録再生を行う磁気記録装置に好適である。

また、第10図に示すような磁化曲線を有する軟磁性裏打ち層の場合、膜内には垂直磁気異方性の発生に起因して縞状あるいはメイズ状磁区が形成されていることが走査型磁気力顕微鏡による観察像により認められる。このような縞状磁区構造の安定化エネルギーEは、残留磁化状態から単磁区化状態にするための仕事量に等しいから、第10図に示す領域Xの面積と定義する。この数値を用いれば、軟磁性裏打ち層の縞状磁区安定化エネルギーを定量的に評価することができる。

(数1)

$$E = \left(2\pi M_s^2 - \frac{K_u h}{2\lambda} + \frac{2\pi^2 A h}{\lambda^3} \right) \theta_0^2$$

この式の右辺の第1項は静磁エネルギーを示し、第2項は垂直磁気異方性エネルギーを示し、第3項は交換エネルギーを示している。

ただし、

λ : 縞状磁区構造の縞の波長

K_u : 垂直磁気異方性定数

h : 軟磁性裏打ち層の膜厚

A : 交換定数

θ_0 : 立ち上がり角

である。

上記の方法により軟磁性裏打ち層の安定化エネルギーを測定したところ、実施例 1～3 の縞状磁区安定化エネルギーは $1 \times 10^3 \text{ erg/cm}^3$ 以下であり、比較例の縞状磁区安定化エネルギーは $7 \times 10^4 \text{ erg/cm}^3$ であった。

以上の結果と後述の媒体ノイズ特性の評価により、軟磁性裏打ち層 3 の磁気特性のヒステリシス曲線より得られる縞状磁区安定化エネルギーは $1 \times 10^3 \text{ erg/cm}^3$ 以下とすればノイズ特性に優れる媒体が得られることが分かった。

次に、実施例 3 及び比較例それぞれの試料について、媒体ノイズ $N_m (\mu V_{rms})$ を測定した。

第 11 図は、この測定に用いられる書き込み、読み出し一体型の薄膜ヘッドを示す断面図であり、図において、符号 41 は上部電極、42 は下部電極、43 は書き込みコイル、44 は書き込みギャップ、45 はシールド、46 は MR 構成部分、47 は読み出しギャップである。

読み出しは MR ヘッド (Magnetic Resistance Head) を用いて、下記の測定条件で媒体ノイズを測定した。媒体ノイズ N_m の測定条件

[測定装置]

スピNSTAND部：協同電子社製 LS90S (商品名)

メディアテスト部：GUZIK社製 RWA2550++ (商品名)

読込ヘッド (GMRヘッド)：

トラック幅 (Tw) $0.25 \mu m$

ディスク上測定周径：22.55 mm

ディスク回転速度：4200 rpm

媒体ノイズ N_m は、再生信号スペクトルからシステムノイズスペクトルを除去して得られる差分スペクトルを1～100MHzの範囲で積分して算出した。

第12図は実施例3のノイズスペクトルの測定結果を示す図、第13図は比較例のノイズスペクトルの測定結果を示す図である。なお、図中、破線はバックグラウンド(BG)のシステムノイズスペクトルである。

これらの図によれば、実施例3の試料では、1MHzから指数関数的に減少し、40MHz以上で $-110\text{ dBm}/\text{Hz}$ 以下となるのに対し、比較例の試料では、10から20MHz付近で縞状磁区構造に起因してノイズが極大を示した後、減少し、80MHz以上で $-110\text{ dBm}/\text{Hz}$ 以下となることが分かった。また、算出した媒体ノイズ N_m は実施例1から3の試料ではそれぞれ83、35、 $19\text{ }\mu\text{Vrms}$ であり、比較例の試料の媒体ノイズは $10\text{ }\mu\text{Vrms}$ よりも低ノイズであることが確かめられた。

一方、比較例の結果からもわかるように、縞状磁区の形成は媒体ノイズの増加をもたらすため、その抑制が求められる。また、従来のパーマロイ系ならびにセンダスト系の材料は比較例の試料と同程度もしくはそれ以上のノイズ特性を有しており、本発明品が低ノイズ特性を有することがわかる。したがって、FeSiAlNなる組成を有する試料を裏打ち層として用いれば、低ノイズ化が図られた優れた記録再生特性を有することができる。

また、様々な組成のFeSiAlN裏打ち膜を評価したところ、媒体ノイズを $100\text{ }\mu\text{Vrms}$ 以下に抑制するためには、Feを69～85原子%、Siを5～10原子%、Alを5～10原子%の範囲内の組成を有する膜を作製すればよいことがわかった。

次に、本実施形態の垂直磁気記録媒体を備えた磁気記録装置について図面に基づき説明する。

第14図は本実施形態のハードディスク装置（磁気記録装置）を示す側断面図、第15図は、第14図に示す磁気記録層の平断面図であり、図において、符号50は磁気ヘッド、70はハードディスク装置、71は筐体、72は垂直磁気記録媒体、73はスペーサ、78はサスペンション、79はスイングアームである。

このハードディスク装置70は、円板状の垂直磁気記録媒体72、磁気ヘッド50等を収納する内部空間を備えた直方体形状の筐体71が外形を成しており、この筐体71の内部には複数枚の垂直磁気記録媒体72がスペーサ73と交互にスピンドル74に挿通されて設けられている。また、筐体71にはスピンドル74の軸受（図示略）が設けられ、筐体71の外部にはスピンドル74を回転させるためのモータ（図示略）が配設されている。この構成により、全ての垂直磁気記録媒体72は、スペーサ73によって磁気ヘッド50が入るための間隔を空けて複数枚重ねた状態で、スピンドル74の周回りに回転自在とされている。

筐体71の内部かつ垂直磁気記録媒体72の側方位置には、軸受け76によってスピンドル74と平行に支持されたロータリ・アクチュエータと呼ばれる回転軸77が配置されている。この回転軸77には複数個のスイングアーム79が各垂直磁気記録媒体72の間の空間に延出するように取り付けられている。各スイングアーム79の先端には、その上下位置にある各垂直磁気記録媒体72の表面と傾斜して向かう方向に固定された、細長い三角板状のサスペンション78を介して磁気ヘッド50が取り付けられている。

28

この磁気ヘッド50は、図示されていないが、垂直磁気記録媒体72に対して情報を書き込むための記録素子と、垂直磁気記録媒体72から情報を読み出すための再生素子を備えている。

このように、ハードディスク装置70は、本実施形態の垂直磁気記録媒体を備えたことから、従来のパーマロイ系あるいはセンダスト系の結晶質材料等と比較して低ノイズ化を実現でき、高記録密度の情報の記録再生が可能である。

このハードディスク装置70では、垂直磁気記録媒体72を回転させるとともに、スイングアーム79を移動させて該スイングアーム79に取り付けられている磁気ヘッド50を垂直磁気記録媒体72に近づけ、この磁気ヘッド50が発生した磁界を垂直磁気記録媒体72の垂直記録層に作用させることにより、垂直磁気記録媒体72に所望の磁気情報を書き込むことができる。

また、スイングアーム79を移動させて磁気ヘッド50を垂直磁気記録媒体72上の任意の位置に移動させ、垂直磁気記録媒体72を構成している垂直記録層からの漏れ磁界を磁気ヘッドの再生素子で検出することにより磁気情報を読み出すことができる。

このハードディスク装置70によれば、軟磁性裏打ち層3を有する垂直磁気記録媒体72を用いたので、従来のパーマロイ系あるいはセンダスト系の結晶質材料等と比較して低ノイズ化を実現でき、高記録密度の情報の記録再生を行うことができる。

したがって、高記録密度での磁気情報の記録再生を安定して行うことができるハードディスク装置70を提供することができる。

なお、このハードディスク装置 70 では、複数枚の垂直磁気記録媒体 72 をスペーサ 73 と交互にスピンドル 74 に挿通した構成としたが、垂直磁気記録媒体 72 の枚数は、1 枚以上の任意の枚数で良く、上記の構成に限定されない。

また、搭載する磁気ヘッド 50 の数も 1 個以上であればよく、任意の数設けてもよい。また、スイングアーム 79 の形状や駆動方式も第 14 図及び第 15 図に示すものに限らず、リニア駆動方式、その他の方式でも良いのはもちろんである。

以上説明したように、本実施形態の垂直磁気記録媒体によれば、基体 2 上に、軟磁性裏打ち層 3、垂直記録層 4 及び保護層 5 を積層し、軟磁性裏打ち層 3 を FeSiAlN なる組成を有する軟磁性材料により構成したので、従来のパーマロイ系あるいはセンダスト系の結晶質材料等と比較して低ノイズ化を実現でき、高記録密度の情報の記録再生を容易かつ正確に行うことができる。

本実施形態の磁気記録装置によれば、本実施形態の垂直磁気記録媒体を備えたものであるから、より高記録密度の情報の記録再生が可能な磁気記録装置を提供することができる。

本実施形態の垂直磁気記録媒体の製造方法によれば、表面温度を 200℃ 以下とした基体 2 上に、FeSiAl 合金のターゲット 27 と、N₂ ガスの流量比 F_{N_2} / F_{total} を変化させた混合ガスを用いて成膜するので、軟磁性裏打ち層 3 を構成する FeSiAlN 膜の組成を様々に変えることができる。

また、形成される軟磁性裏打ち層 3 は、nm のオーダーの微細な結晶粒からなる均一な微結晶組織となるので、低温プロセスで優れた低ノイズ特性を有する垂直磁気記録媒体 1 を作製することができる。

本実施形態の垂直磁気記録媒体の製造装置によれば、FeSiAl合金のターゲット27と、N₂ガスの流量比 F_{N_2}/F_{total} を変化させた混合ガスを導入し、表面温度を200℃以下とした基体2上に軟磁性裏打ち層3を成膜する第1成膜室13を備えたので、軟磁性裏打ち層3を構成するFeSiAlN中のNの含有率（原子%）を、優れた低ノイズ特性を呈する材料組成の範囲内で、高精度で制御することができ、したがって、優れた低ノイズ特性を有するFeSiAlNからなる軟磁性裏打ち層3を再現性良く、しかも容易に得ることができる。

産業上の利用の可能性

以上、詳細に説明したように、本発明の垂直磁気記録媒体によれば、軟磁性裏打ち層と垂直記録層とを備えた2層膜媒体の軟磁性裏打ち層は、FeSiAlNなる組成を有する軟磁性材料を用いたので、従来のパーマロイ系あるいはセンダスト系の結晶質材料等と比較して低ノイズ化を実現でき、高記録密度の情報の記録再生を正確かつ容易に行うことができる。

本発明の磁気記録装置によれば、本発明の垂直磁気記録媒体を備えたので、より高記録密度の情報の記録再生が可能な磁気記録装置を提供することができる。

本発明の垂直磁気記録媒体の製造方法によれば、軟磁性裏打ち層を形成する工程を、表面温度を200℃以下とした基体上に、少なくともFe、Si及びAlを含有する母材と、窒素（N₂）ガスを含む不活性ガスを用いて成膜する工程としたので、基体上に、nmのオーダーの微細な結晶粒からなる均一な微結晶組織の軟磁性裏打ち層を成膜することができ、その結果、低温

31

プロセスで優れた低ノイズ特性を有する垂直磁気記録媒体を得ることができる。

本発明の垂直磁気記録媒体の製造装置によれば、少なくともFe、Si及びAlを含有する母材と、窒素（N₂）ガスを含む不活性ガスを導入し、表面温度を200℃以下とした基体上に前記軟磁性裏打ち層を成膜する成膜室を備えたので、該成膜室に導入する窒素（N₂）ガスを含む不活性ガスの流量を制御することで、軟磁性裏打ち層を構成するFeSiAlN中のNの含有率（原子%）を、優れた低ノイズ特性を呈する材料組成の範囲内で、しかも高精度で制御することができる。したがって、優れた低ノイズ特性を有するFeSiAlNからなる軟磁性裏打ち層を再現性良く、しかも容易に得ることができる。

請求の範囲

1. 軟磁性裏打ち層と、該軟磁性裏打ち層上に形成された垂直記録層とを備えてなる垂直磁気記録媒体において、

前記軟磁性裏打ち層は、FeSiAlNなる組成を有する軟磁性材料からなることを特徴とする垂直磁気記録媒体。

2. 前記軟磁性材料は、Nを5～11原子%含有することを特徴とする第1項記載の垂直磁気記録媒体。

3. 前記軟磁性材料は、Feを69～85原子%、Siを5～10原子%、Alを5～10原子%それぞれ含有することを特徴とする第2項記載の垂直磁気記録媒体。

4. 前記軟磁性裏打ち層の結晶の平均粒径は7nm以下であることを特徴とする第1項、第2項または第3項記載の垂直磁気記録媒体。

5. 前記軟磁性裏打ち層は、その磁気特性のヒステリシス曲線より得られる縞状磁区安定化エネルギーが $1 \times 10^3 \text{ erg/cm}^3$ 以下であることを特徴とする第1項ないし第4項のいずれか1項記載の垂直磁気記録媒体。

6. 前記軟磁性裏打ち層は、その膜厚が50～500nmの範囲では、表面粗さが0.6nm以下であることを特徴とする第1項ないし第5項のいずれか1項記載の垂直磁気記録媒体。

7. 第1項ないし第6項のいずれか1項記載の垂直磁気記録媒体を備えてなることを特徴とする磁気記録装置。

8. 軟磁性裏打ち層と、該軟磁性裏打ち層上に形成された垂直記録層とを備えてなる垂直磁気記録媒体の製造方法において、

前記軟磁性裏打ち層を形成する工程は、表面温度を200℃以下とした基体上に、少なくともFe、Si及びAlを含有する母材と、窒素(N₂)ガ

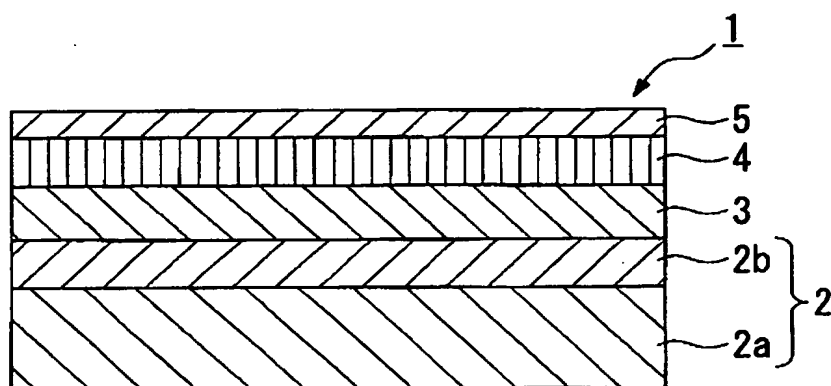
スを含む不活性ガスを用いて成膜する工程であることを特徴とする垂直磁気記録媒体の製造方法。

9. 軟磁性裏打ち層と、該軟磁性裏打ち層上に形成された垂直記録層とを備えてなる垂直磁気記録媒体の製造装置において、

少なくともFe、Si及びAlを含有する母材と、窒素(N₂)ガスを含む不活性ガスを導入し、表面温度を200℃以下とした基体上に前記軟磁性裏打ち層を成膜する成膜室を備えていることを特徴とする垂直磁気記録媒体の製造装置。

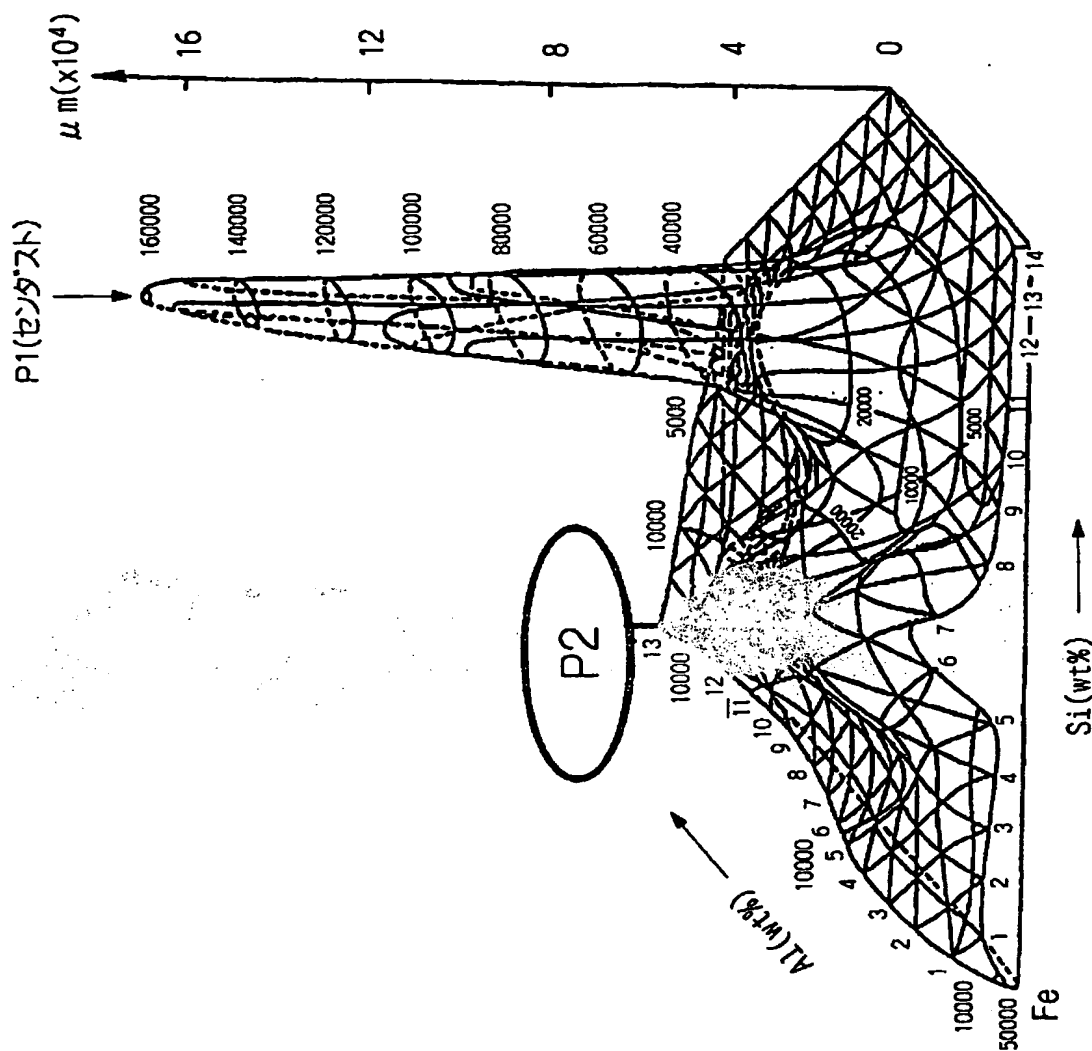
10. 前記成膜室に、前記基体の表面温度を制御する制御手段を備えたことを特徴とする第9項記載の垂直磁気記録媒体の製造装置。

図 1



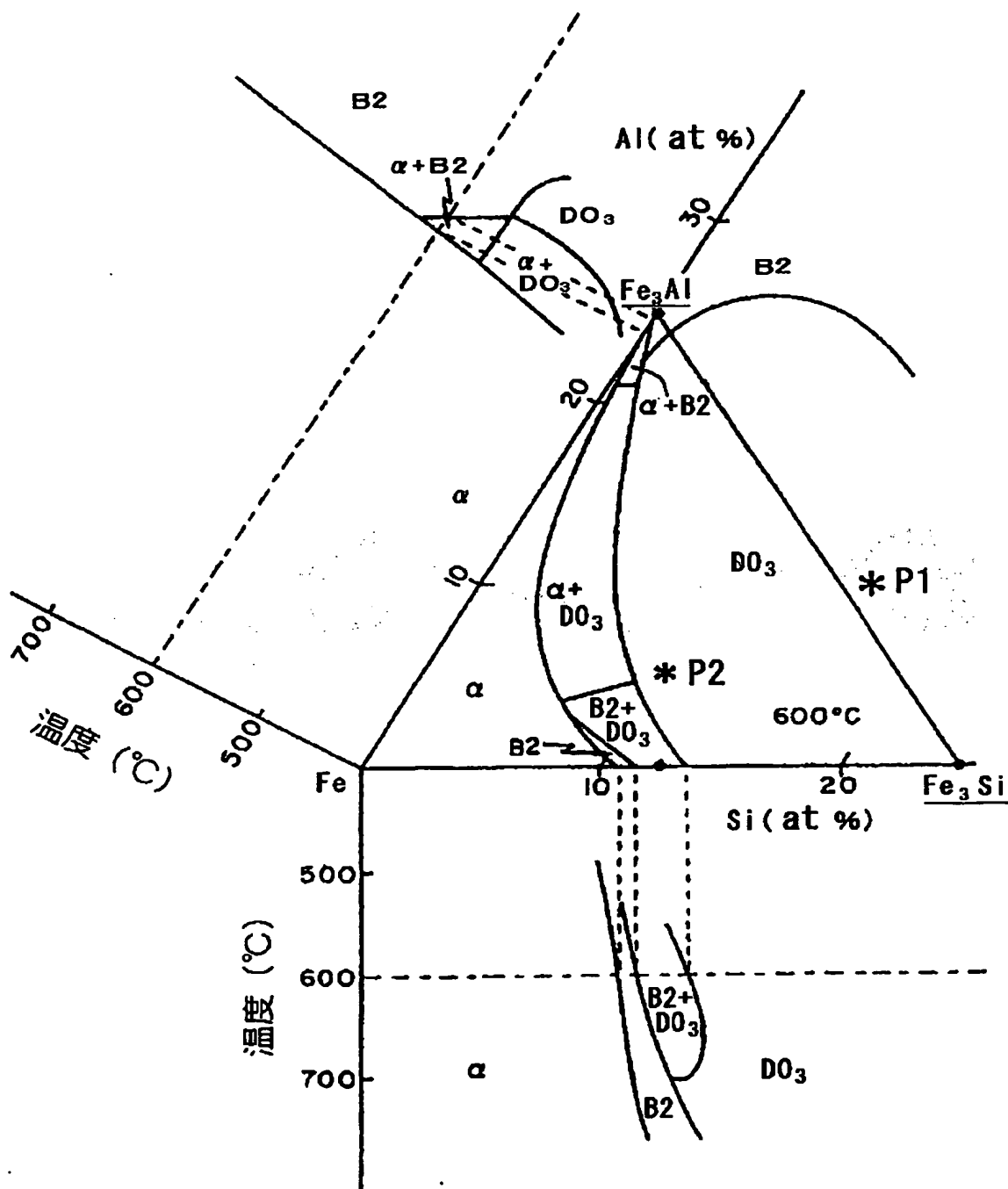
2/9

図 2



3/9

図 3



4/9

図 4

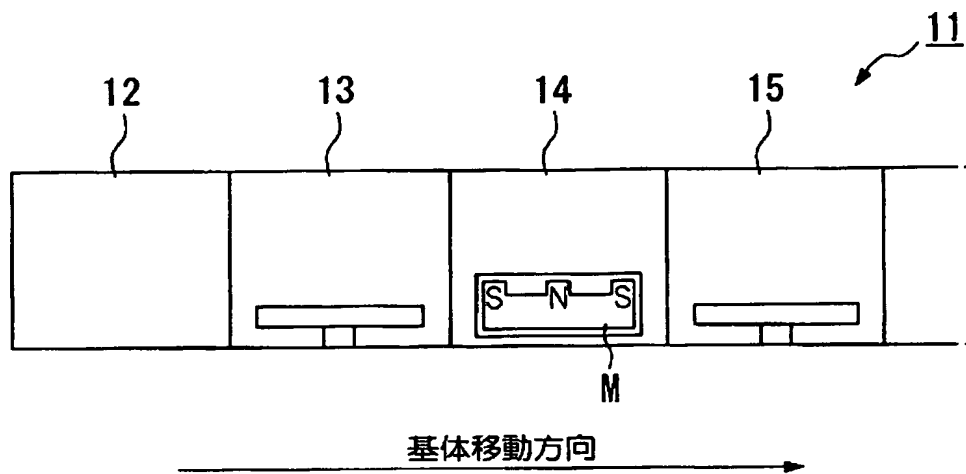
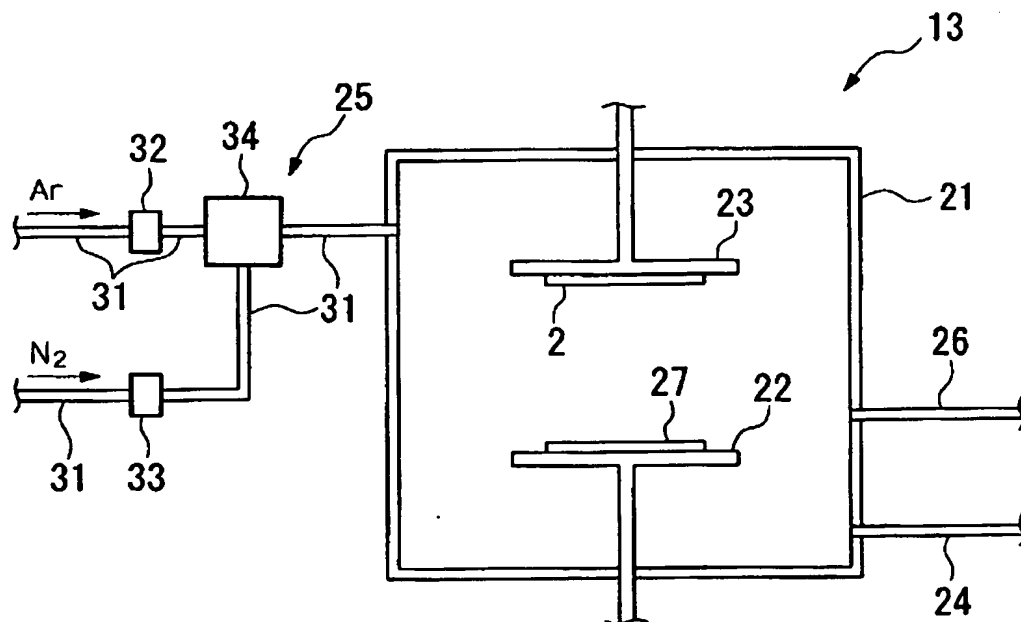


図 5



5/9

図 6

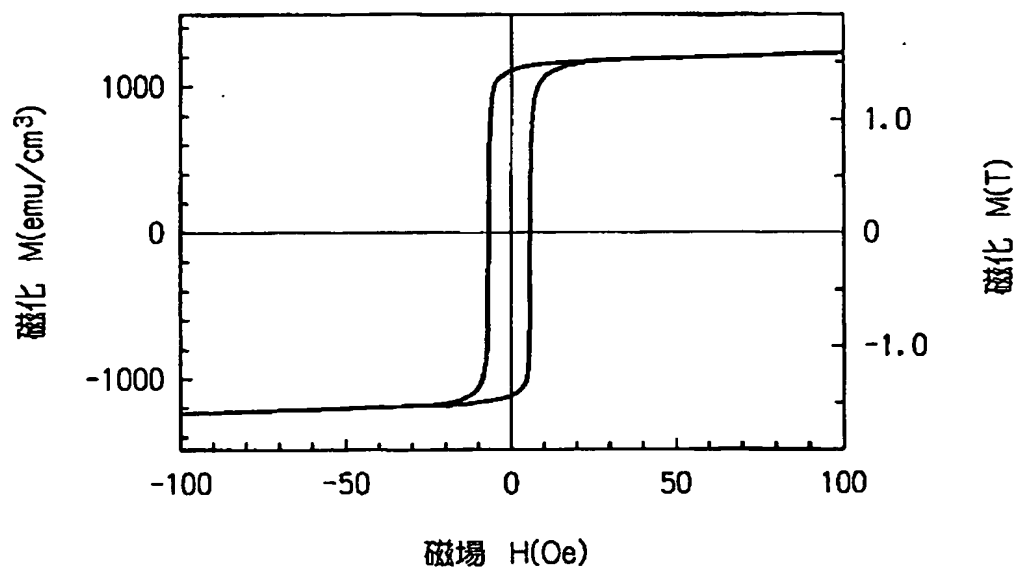
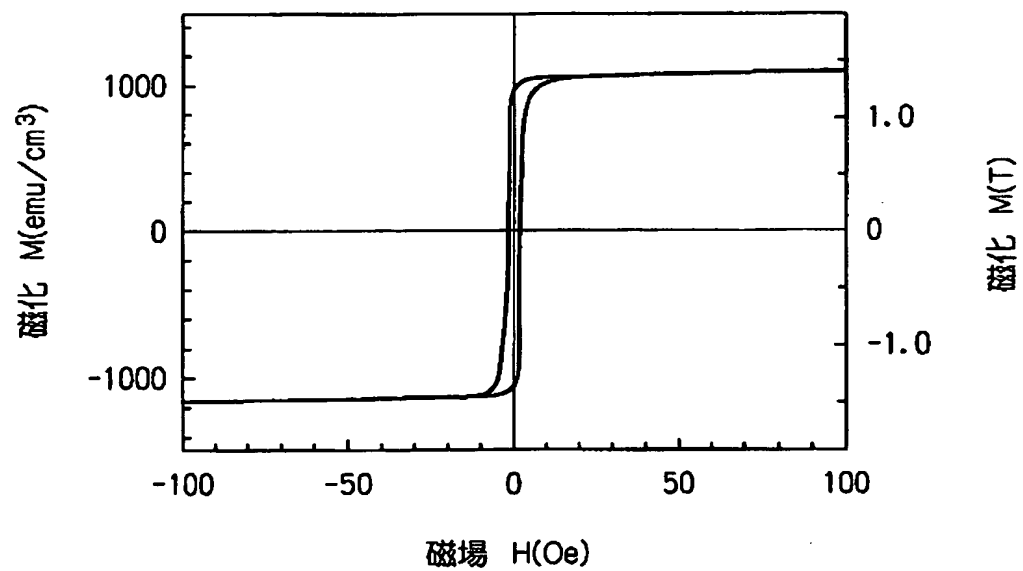


図 7



6/9

図 8

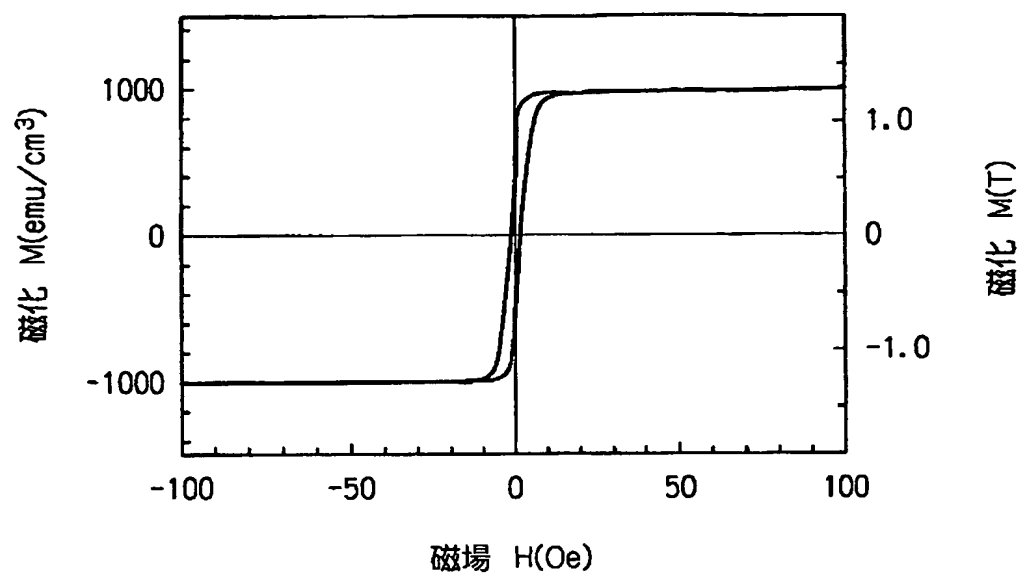
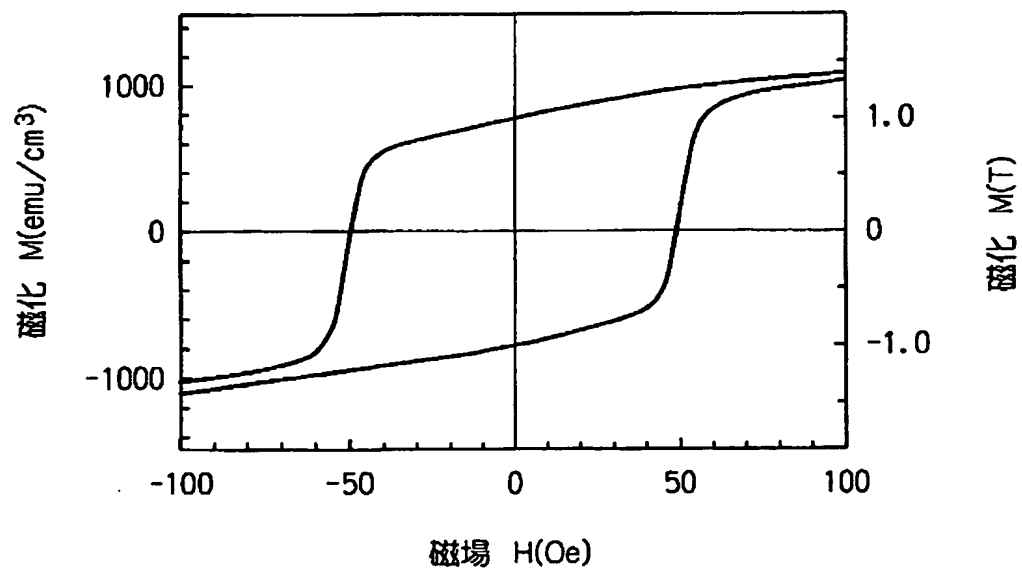


図 9



7/9

図 1 0

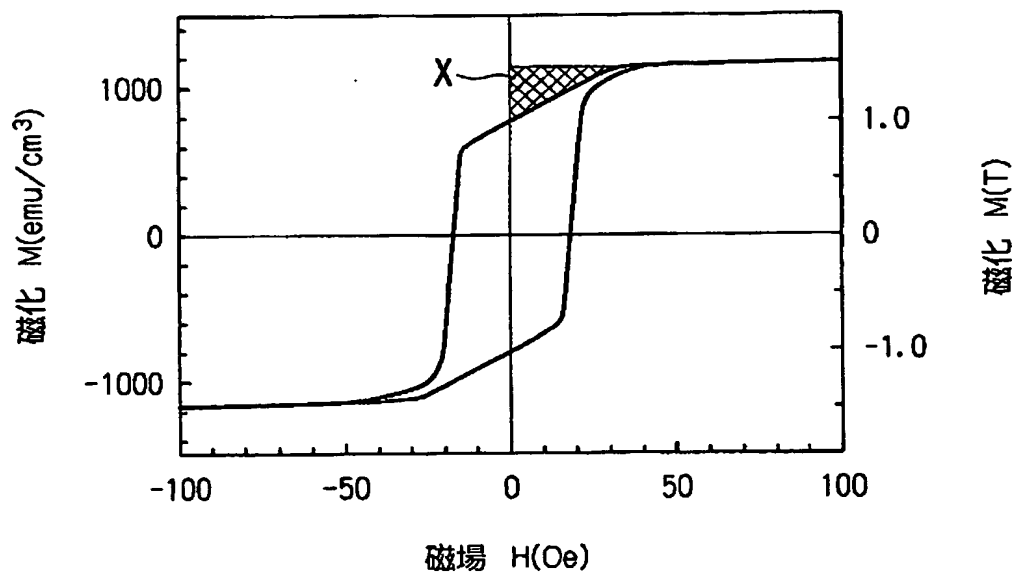
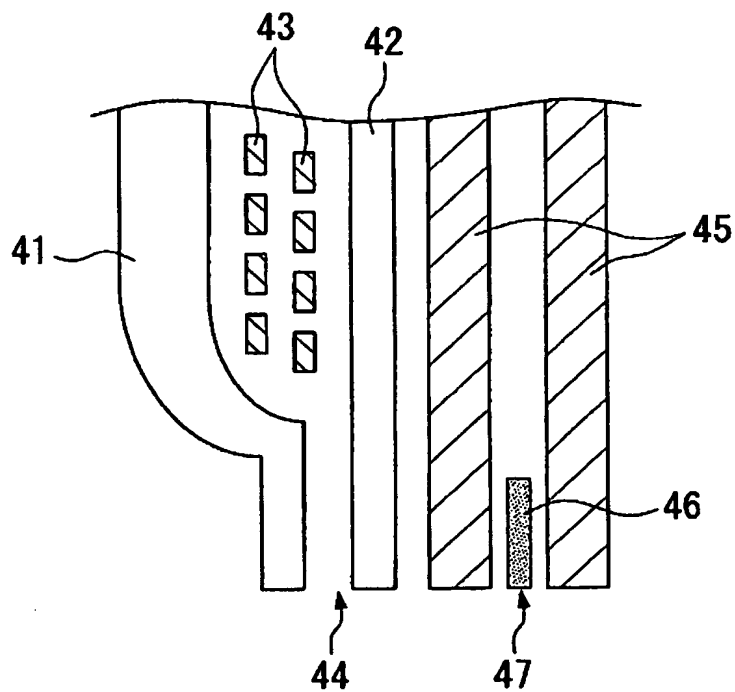


図 1 1



8/9

図 1 2

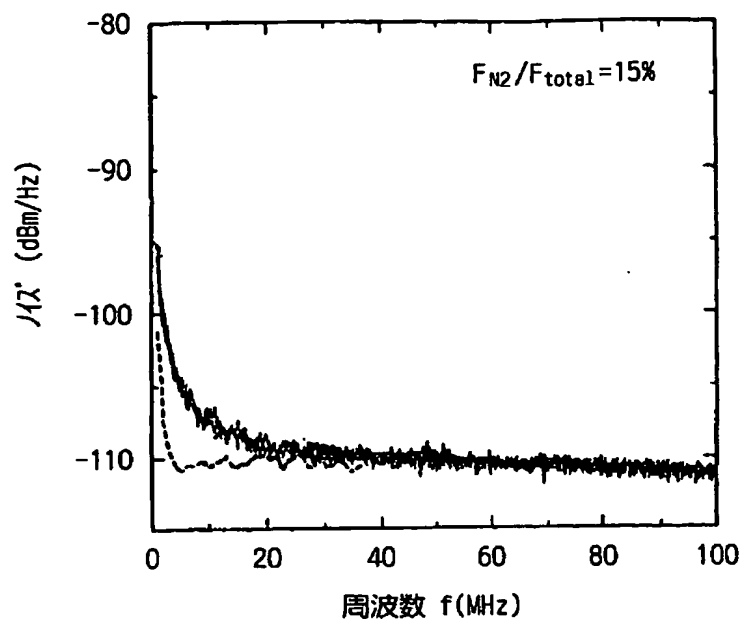
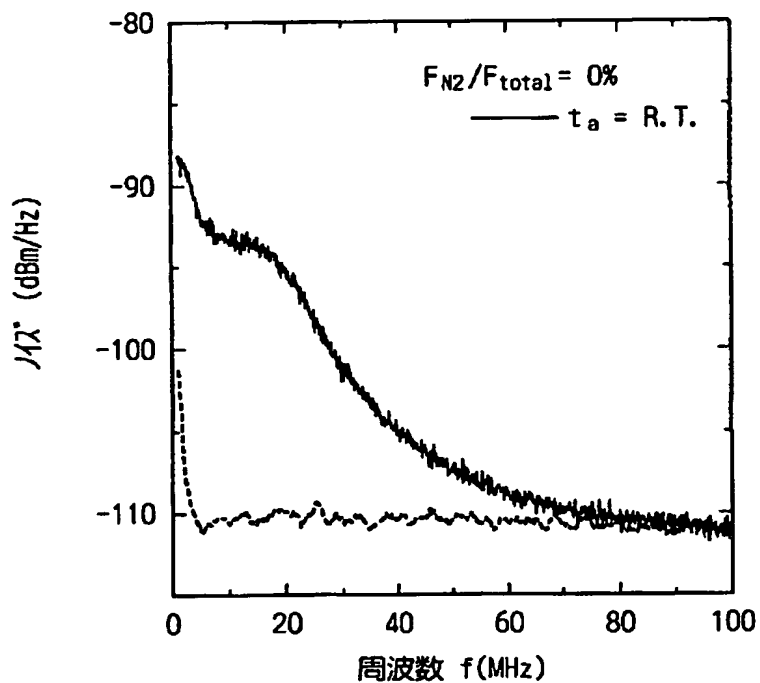


図 1 3



9/9

図 1 4

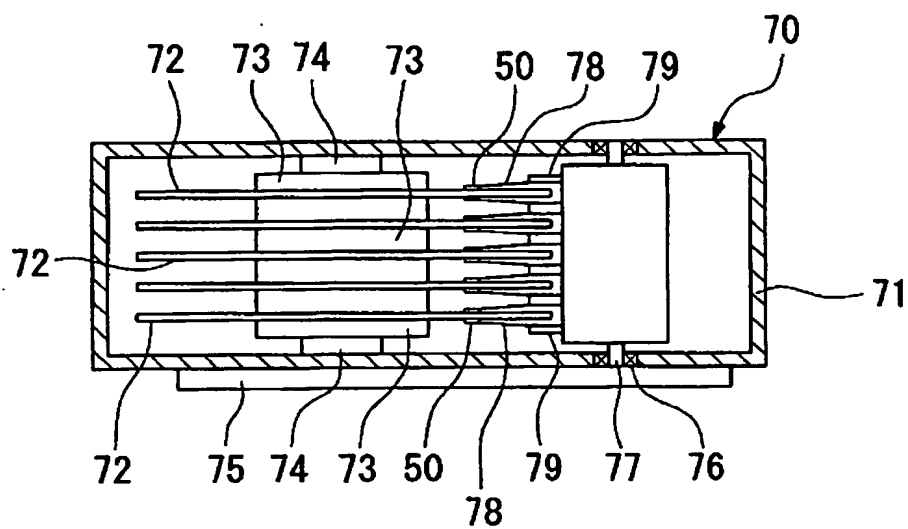
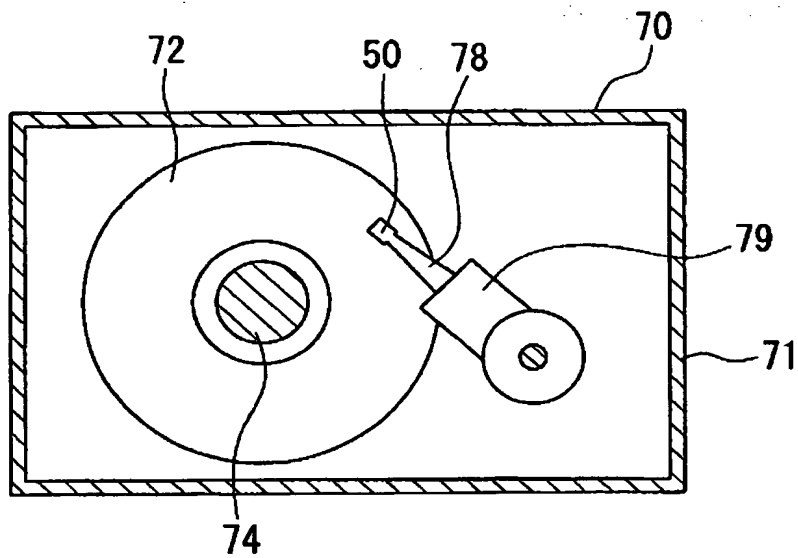


図 1 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP03/03439

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl⁷ G11B5/667, 5/851, C22C38/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl⁷ G11B5/62-5/858, C22C38/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
JOIS

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-134634 A (NEC Corp.), 21 May, 1999 (21.05.99), Full text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 2001-176048 A (NEC Corp.), 29 June, 2001 (29.06.01), Full text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 11-203654 A (NEC Corp.), 30 July, 1999 (30.07.99), Full text; all drawings (Family: none)	1-10

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
27 May, 2003 (27.05.03)

Date of mailing of the international search report
10 June, 2003 (10.06.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/03439

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 11-185237 A (NEC Corp.), 09 July, 1999 (09.07.99), Full text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 57-176531 A (Canon Inc.), 29 October, 1982 (29.10.82), Full text; all drawings (Family: none)	1-10
A	JP 57-36435 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 27 February, 1982 (27.02.82), Full text; all drawings (Family: none)	1-10
A	Naohito HAYASHI, "Fe-Si-Al-N Jisei Hakumaku no Jiki Tokusei ni Oyobosu SiO ₂ Kachimaku no Koka", The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Zenkoku Taikai Koen Ronbunshu, March, 1989, Vol.1989, No.Spring Pt.5, pages.5 to 342	1-10
A	Naohito HAYASHI, "Fe-Si-Al-N Gokin Hakumaku o Mochiita Suichoku Jiki", The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Zenkoku Taikai Koen Ronbunshu, March, 1988, Vol.1988, No.Spring Pt.2, pages 2 to 19	1-10
A	Daishun Zheng, "Study on The Fe-Al-N Soft Magnetic Thin Films", The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers Gijutsu Kenkyu Hokoku, 08 November, 2000 (08.11.00), Vol.100, No.423, pages 73 to 78	1-10
A	Hiroataka Hokkyo, "Media Noise Characteristics of CoCrTa/FeSiAl Perpendicular Magnetic Recording Media", Journal of The Magnetics Society of Japan, 1997, Vol.21, Supplement No.S2, pages 517 to 520	1-10

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 G11B5/667, 5/851, C22C38/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl. 7 G11B5/62-5/858, C22C38/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2003年
日本国登録実用新案公報	1994-2003年
日本国実用新案登録公報	1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

JOIS

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 11-134634 A (日本電気株式会社) 1999. 05. 21 全文、全図 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 11-203654 A (日本電気株式会社) 2001. 06. 29 全文、全図 (ファミリーなし)	1-10
A	JP 11-203654 A (日本電気株式会社) 1999. 07. 30 全文、全図 (ファミリーなし)	1-10

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日 27. 05. 03

国際調査報告の発送日 10.06.03

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号 100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
日下 善之 印
5D 3045
電話番号 03-3581-1101 内線 3550

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	J P 11-185237 A (日本電気株式会社) 1999. 07. 09 全文、全図 (ファミリーなし)	1-10
A	J P 57-176531 A (キャノン株式会社) 1982. 10. 29 全文、全図 (ファミリーなし)	1-10
A	J P 57-36435 A (松下電器産業株式会社) 1982. 02. 27 全文、全図 (ファミリーなし)	1-10
A	林 直人 「Fe-Si-Al-N磁性薄膜の磁気特性に及ぼすSiO ₂ 下地膜の効果」 電子情報通信学会全国大会講演論文集 1989. 03 VOL. 1989 NO. Spring Pt. 5 PAGE. 5-342	1-10
A	林 直人 「Fe-Si-Al-N合金薄膜を用いた垂直磁気ヘッド」 電子情報通信学会全国大会講演論文集 1988. 03 VOL. 1988 NO. Spring Pt. 2 PAGE. 2-19	1-10
A	Daishun Zheng "Study on The Fe-Al-N Soft Magnetic Thin Films" 電子情報通信学会技術研究報告 2000. 11. 08 Vo 1. 100 No. 423 p. 73-78	1-10
A	Hiroataka Hokkyo "Media Noise Characteristics of CoCrTa/FeSiAl Perpendicular Magnetic Recording Media" Journal of The Magnetics Society of Japan 1997 Vol. 21 Supplement No. S2 p. 517-520	1-10